

地铁车站盾构接收区近接既有建筑物超宽扩挖施工技术分析

文 / 谢 群 中铁十一局集团城市轨道交通工程有限公司

摘要：现阶段大断面下穿施工相关研究的数量较多，但针对实际施工中地铁车站盾构接收区域超宽范围开挖的研究较少，因此，本文以A市地铁5号线为例，围绕其盾构接收区域车站主体结构的超宽扩挖施工可能对既有建筑施工产生影响进行分析，并提出诸多施工质量控制方案，旨在为实现对既有建筑形变与沉降问题的精准控制提供有益参考。

关键词：既有建筑；地铁车站；盾构接收区；施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.059

引言

地铁车站施工期间，围绕盾构隧道接收区域开展超宽范围开挖的过程中，想要同时确保临近既有建筑施工安全性的难度较大。实际施工过程中，因盾构接收区域的地质条件较为复杂且会受到施工空间等因素的影响，超宽扩挖极易对周边土体造成干扰，从而导致临近既有建筑发生形变与沉降等问题，这些问题若不能得到及时、有效的处理，会导致既有建筑结构安全性降低、使用功能减弱，甚至引发严重经济损失与社会影响。因此，深入剖析如何精准控制既有建筑的形变与沉降，理应成为地铁车站盾构接收区超宽扩挖施工中重点关注的内容之一。

一、地铁车站盾构接收区近接既有建筑物超宽扩挖施工技术概述

多数地铁车站会建设在城市中繁荣程度较高的区域，周围环境等多种因素都会对其施工质量造成较大影响。在地铁车站施工中，进行盾构接收区域工程主体结构施工的过程中，势必会受到既有建筑的影响，使施工的难度大幅提升，并要再次开展超大断面下穿扩挖施工，此项施工会对周边地层产生较大影响，且会加大对既有建筑形变及沉降等管控难度，因此，应设计出针对性的既有建筑施工质量管控方案，以实现有形变及沉降的高效控制。国内外众多学者在地铁施工近接既有建筑物方面进行了大量研究，包括国外某研究团队通过建立复杂的数值模型，对不同地质条件下地铁施工引起的既有建筑沉降开展模拟分析，得出不同土质参数条件下建筑沉降遵循的规律。

二、工程概况

（一）扩挖施工区域和既有建筑位置关系

A市地铁5号线某站总长度724.8m、宽度为25.2m、挖掘深度为22m，地下总计两层，站厅处于地上、站台处于地下，站内标准段区域基坑的挖掘深度大致在17~20m之间，盾构接收区位于车站主体结构东端，其扩挖范围横向宽度达30m，纵向长度为15m。因车站盾构接收区域的东侧位置周边建有立交桥引桥，该区域主体

结构施工难以一次性结束，要先对地下一层的侧面墙体进行施工，并在完成结构封顶施工以后，再于地下二层朝着西面实施扩挖施工，总计进行两次结构施工，以确保吊装物和周边障碍物间的最小安全距离符合规定标准，不会影响吊装物的正常移动，还可以防止与其他物体发生碰撞。东侧扩挖施工区域处于立交桥引桥的正下方，引桥和扩挖段平面的一部分重叠，扩挖的深度为3.49m，并建设车站围护桩，桩的厚度为0.96m，扩挖至桥下2.48m，扩挖顶板和地表的间距为7.19m。

（二）工程地质分析

A市地铁5号线某站所处区域地质条件较为复杂，盾构区间需穿越全断面硬岩、上软下硬地层，单轴饱和抗压强度最高可达76.8Mpa。参考其具体的地质情况，该区域的上层为人工填土层，土质较为疏松，承载性能较弱，对扩挖施工稳定性存在一定影响；人工填土层之下为第四纪冲积层，具体包括粉质黏土、砂土等，其中，粉质黏土层具有显著的塑性特征，遇水易软化，砂土层透水性较强，在施工期间可能引发地下水渗流等问题，导致施工安全受到影响；再往下即风化岩层，岩石强度较高，但发生节理裂隙发育情况的可能性较高，开挖时如果处理不当，很可能会引发岩体失稳等问题。由于该区域地下水位较高，受季节性降水影响明显，雨季时随着地下水位的升高，扩挖施工的难度及风险也会大幅增加，对既有建筑的基础强度及稳定性造成不利影响。因此，需要在施工前设计详细的地基处理方案，依托科学的降水、加固等措施，使超宽扩挖施工能够顺利进行并良好保证既有建筑安全^[1]。

（三）施工方案设计

扩挖区域中的矩形断面长度为20.09m、宽度为11.34m，加固施工过程中，应在挖掘隧道以前，按照隧道轴线方向进行钻孔施工同时安装超前大管棚，利用钢管对周边岩层灌注浆液，使岩体胶形成一个整体，浆液凝固以后变为加固区域，从而让围岩稳定性与承载性能大幅提升，为后续开挖施工的安全提供更多保障。同时，引入12导洞设计方案，且上、中、小部导洞的截面尺寸

分别为 4.25m*5.19m、3.87m*5.28m、3.77m*5.26m，使用分部扩挖技术开展下穿施工，期间为保证结构稳定性，要尽快进行初期支护，包括设置钢拱架或者喷射混凝土等，已形成一个闭合的环形结构，便于更好地分摊压力，优化结构整体承载性能，避免塌方等事故发生。在结束初期支护施工以后，需要再实施一次永久性的混凝土衬砌结构施工，在强化隧道稳定性的同时有助于提高美观性与防腐蚀性。图 1、2 为导洞断面与岩层加固的施工位置图。

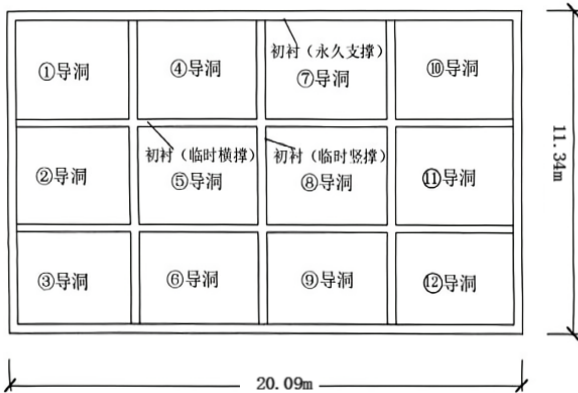


图 1 导洞断面施工

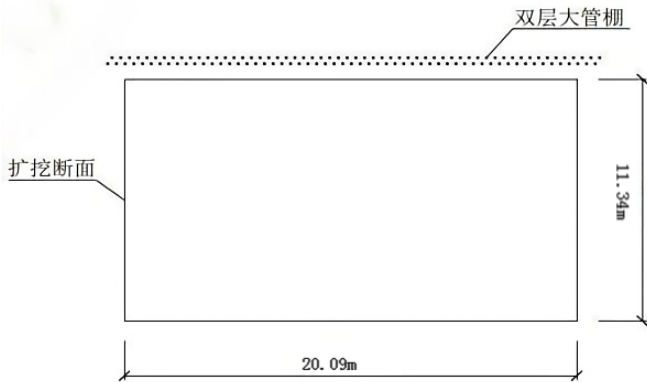


图 2 岩层加固施工

具体施工流程包括：先进行施工准备工作，将施工区域中的杂物清除干净并细化处理凹凸表面，为后续施工提供便利，并要备齐所有施工需要的材料、设备，保证人员及时到岗，围绕参与施工的各人员进行技术交底与安全培训，引导明确施工工序与操作标准；进行超前大管棚施工，遵循预设隧道轴线方向实施精准钻孔，并严控钻孔的深度、角度及间距等关键参数；钻孔施工结束后，及时安装超前大管棚，并利用注浆设备将标准配

比的浆液灌注到钢管和周边岩层中间的空隙内，使岩体充分胶结形成一个整体。实际注浆期间，应实时把控注浆的压力与量，保证浆液可以均匀扩散，使加固的效果达到施工要求；进行导洞开挖施工，按照 12 导洞设计方案内容，逐一对上、中、下部导洞实施开挖施工。开挖时通过分部扩挖技术，并严格管控每次开挖的入土尺寸，避免超挖。安排专门人员持续监督周边岩层动态，若发现异常需及时采取措施处理^[2]。

导洞开挖施工开展期间，应保证初期支护的及时性。结合导洞截面尺寸，科学安装钢拱架，并保证钢拱架的垂直角度以及间距等满足施工标准；结束钢拱架施工以后，快速喷射混凝土，以形成闭合环形结构。混凝土喷射过程中，应严控喷射的厚度，使喷射后的混凝土厚度均匀、表面平整，有助于加强结构整体承载能力；在进行二次永久性混凝土衬砌结构施工以前，要彻底清理与修整初期支护表面，以便于衬砌能够与初期支护紧密贴合；使用模板台车实施混凝土浇筑，精准调控混凝土配比、浇筑速度，保证振捣质量，使衬砌结构的密实性及强度符合设计要求；混凝土浇筑期间，应特别关注沉降缝与伸缩缝的预留，以便于应对结构变形需求；质量检测及验收期间，应围绕结束施工以后的超宽扩挖区域展开全方位的质量检测，检测内容包括其结构强度以及围岩承载性能等，若检测结果符合要求可以组织相关单位验收。

三、近接区域扩挖施工模拟

(一) 模型构建

本工程扩挖区域的长度与宽度分别为 20.09m、11.34m，开挖的长度为 3.49m，大直径钢管长度为 6.98m，出于对隧道开挖影响的分析，通常来讲这一影响的范围≈隧道洞口直径的 3 到 5 倍，同时已知立交桥引桥的宽度是 21.6m，因此在构建模型的过程中，将其长、宽、高分别设置为 98m、22m、58m，并总计划分成 108358 个网格。既有立交桥引桥主要通过施加荷载的方式进行模拟，在约束模型边界的过程中，将上部边界设置成自由面，底部从三个方向实施约束，并通过法向约束达到约束两侧边界的目的，实现重力的自动化施加。模型内的衬砌结构以及土体等通过实体单元实施模拟，并引入梁单元实现对大管棚的模拟，初期支护的模拟主要依托析取板单元。其中，土体使用的是摩尔库伦模型，其他结构都应用弹性模型。

(二) 参数选择

表 1 模型围岩力学参数

名称	重度 (kN/m ³)	泊松比	弹性模量 (MPa)	厚度 (m)	黏聚力 (kPa)
人工填土层	16	0.3 ~ 0.35	5 ~ 15	2 ~ 5	10 ~ 15
第四纪冲积层	18.5	0.32	30	8	22
风化岩层	22.5	0.25	5.0	8 ~ 12	0.05 ~ 0.1

结合本工程施工实际情况，在确定参数的过程中，参考地质勘查报告及模型围岩力学参数（见表 1），应针对人工填土层、粉质黏土层、砂土层以及风化岩层分

别设置不同的物理力学参数。其中，人工填土层需要考虑其疏松特性，设置较低的弹性模量以及内摩擦角；粉质黏土层应了解其塑性及遇水软化的特性，确保弹性模

量、粘聚力和内摩擦角的适中性，同时分析含水率对参数的影响；砂土层则要明确其透水性，进行较高的渗透系数设置，并为其赋予一定的弹性模量及内摩擦角；风化岩层因强度较高但极易出现节理裂隙发育的状况，应适当增加弹性模量并降低泊松比，同时依托节理参数模拟其裂隙特性^[3]。

结构参数方面，既有立交桥引桥荷载需要结合实际设计值施加，能够更好地确保模拟精准性。衬砌结构、大管棚以及初期支护的参数在设计过程中，应充分考量材料特性，其中，衬砌结构基于弹性模型，可以适当提高弹性模量与抗拉强度，实现承载性能模拟；大管棚利用梁单元模拟，需确保截面尺寸的合理性并注重考虑材料特性，有助于加强对周边岩层的加固作用；初期支护依托析取板单元模拟，应科学设计厚度与弹性模量，以体现其对围岩的支撑作用。此外，还应对施工期间各项动态参数的考量，包括注浆压力、注浆量以及开挖步距等，其中，注浆压力和注浆量需结合实际注浆效果和岩层特性开展动态化调整，以使浆液能够均匀扩散并满足设计的加固要求；开挖步距遵循导洞设计方案和围岩稳定性实现控制，避免超挖和塌方等事故的发生。

四、既有建筑形变沉降研究

（一）既有建筑监测规划

既有立交桥引桥处于扩挖区域的正上方，所对应的施工区域地表和初始扩挖面相距 1.1m，在施工现场设置的监测点位按照引桥东侧以及西侧的边线设置。参考 GB50911-2013 内容要求，结构沉降值应不超过 20mm，结合本工程实际特点，既有建筑沉降值应 ≤ 8.82 ，符合技术规范要求。

（二）沉降数值模拟

既有立交桥引桥主要依托荷载的形式设置在地面之上，为明确具体的施工影响范围，顺着开挖断面的中心线以及引桥东侧、西侧边界线，进行地面关键节点的选取，并测出这些节点于各施工环节中的具体位移数据，再基于这些数据绘制出建筑于关键施工环节中的沉降曲线，并得知引桥东侧 1 导洞位置的沉降值最高，约为 7.4m。因 1、2、3 导洞需要优先进行扩挖，使部分关键施工环节位移的最大沉降位置与 1、7 导洞中轴线重合。同时，因项目主体结构外的引桥部分缺少支撑结构，导致扩挖段左侧沉降增加，与右侧不统一，即 1、2、3 导洞沉降的最大沉降值远高于 7、8、9 导洞。由于引桥东侧和施工区域间距较大，因此所受施工影响较弱，沉降最大值维持在 0.5mm 左右，和挖断面中心线重合。参考引桥东侧与西侧边界线的实际沉降状况，本项目施工的影响范围大致为 65m，约等于 3 倍扩挖宽度、5 倍扩挖高度；由于开挖地点的影响，引桥西侧沉降显著大于东侧，最大沉降位置与初始扩挖断面的距离为 2.6m^[4]。

对引桥西侧边界线形变沉降存在显著影响的施工环节为 1、7 导洞围护桩的拆除。因这两个导洞的位置在断面的上半部分且周边岩层较为松散，导致其累计沉降

值占比显著提升；导致东侧边界线沉降的施工环节为 17 导洞开挖。结合这些影响可知，围护桩拆除以及土体挖掘对周边地层可产生较大影响，使其平衡被破坏，从而引发形变与应力的传递与转移，最终导致沉降发生。

（三）实际沉降数据及模拟结果对比

具体施工期间围绕既有立交桥引桥展开全方位的沉降监测，依托在引桥东侧与西侧边界线布置监测点，了解不同施工环节关键节点的位移情况，将实际监测所得数据和构建模型计算出的结果进行对比，发现两者于整体趋势上具备较高的统一性。引桥东侧的模拟结果显示 1 导洞区域的沉降最为明显，最大沉降值达到 7.4m，实际监测数据同样显示该区域沉降较为显著，但和模拟值比相对较小，原因可能是受到了施工过程中某些临时加固方法的影响；引桥西侧通过模拟可得由于加固措施拆除使引桥边界线沉降造成较大影响，通过实际监测了解到对应区域边界线沉降变化明显，且西侧沉降显著高于东侧，和模拟结果基本一致^[5]。

基于沉降影响范围方面分析，在模拟过程中得出实际的施工影响范围大致为 65m，约等于 3 倍扩挖宽度、5 倍扩挖高度，实际监测通过分析不同距离监测点的沉降情况，也验证了这一影响范围的合理性。但是在个别区域中，实际沉降和模拟结果涉及一些偏差，如部分导洞开挖过程中，模拟沉降速度明显慢于实际速度，原因可能是模拟时设置的地质条件等参数与实际存在一定出入，也可能是施工期间受到了一些外来因素影响，导致地层应力发生了变化。

结语

数值模型模拟可以为实际施工提供相对可靠的参考，使施工团队提前预判既有建筑沉降趋势，从而采取有针对性的预防及加固措施；实际沉降数据进一步验证了模型可信性与精准性，同样也能为后续类似工程提供可借鉴的实践经验与数据支持，有助于不断优化施工技术及沉降控制措施，为地铁车站盾构接收区超宽扩挖施工时既有建筑安全性与可靠性提供更多保障。

参考文献

- [1] 宋扬, 郑昊, 杨航, 等. 富水地层暗挖地铁车站施工竖井超高压旋喷桩止水试验研究 [J]. 市政技术, 2025, (07): 162-169+178.
- [2] 赵宁. 紧邻管线及障碍物的不良地质下地铁车站施工关键技术 [J]. 建筑机械, 2025, (06): 106-110.
- [3] 吉帅科. 复杂敏感环境条件下明暗挖结合地铁车站施工关键技术研究 [J]. 价值工程, 2025, (06): 68-71.
- [4] 吴森阳, 陈相, 陈棚, 等. 大断面小净距矩形顶管法地铁车站施工风险控制研究——以广州地铁海傍站为例 [J]. 隧道建设 (中英文), 2025, (02): 382-391.
- [5] 程敏杰. 成都膨胀土地层大型地铁车站施工方法及力学特征研究 [J]. 城市轨道交通研究, 2024, 27 (08): 155-160.